مقرر موائع الحفر

السنة الرابعة – الفصل الثاني 2024/2023

(المحاضرة السابعة)

مدرس المقرر: د.م. مصطفى المصري

المحاضرة السابعة و الثامنة

دراسة خليط الماء و الغضار

التركيب الكيميائي و المنرالوجي للغضار:

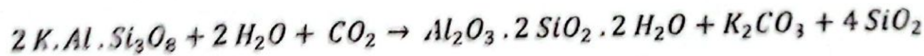
يدخل الغضار في كثير من الصناعات كمادة اولية مثل صناعة الاسمنت, البورسلان, السيراميك, القرميد, الاواني الفخارية, المنظفات الكيميائية. اما في هندسة حفر الابار النفطية و الغازية فيعطى اهمية خاصة لسببين:

1. يعتبر مادة اولية رئيسية في تحضير سائل الحفر و بالتالي يعتبر عنصرا هاما جدا في هندسة حفر الابار.
2. تصادف الطبقات الغضارية بكثرة اثناء حفر الابار و تكون سببا لكثير من المشاكل و الصعوبات التي تحدث اثناء انجاز البئر نذكر منها:
   - تلويث سائل الحفر المحضر على السطح باستعمال غضار ذو مواصفات خاصة.
   - تناقص ثبوتية جدران البئر مقابل الطبقات الغضارية عند تلامسها مع الماء.
   - التقليل من نفوذية المكامن النفطية التي تحوي حبيبات غضارية حرة ضمن مساماتها, و التي تنتفخ اثناء تلامسها مع الماء مقللة من حجم المسامات و احيانا تغلقها بالكامل.

يعتبر الالمام بالغضاريات و انواعها و خواصها و درجة تأثرها بالماء من الضروريات التي يجب ان يلم بها مهندس الحفر كي يتمكن من التعامل معها بشكل صحيح سواء اثناء الحفر او اثناء اضافتها الى السائل.

من وجهة نظر جيولوجية الغضار عبارة عن صخر رسوبي ناتج عن حت بعض الصخور والذي تحلل بفعل الشروط السطحية.

مثال نموذجي لتشكل الغضار الطبيعي هو تحلل معدن الفلدسبار(Feldspar) بفعل الماء و ثاني اكسيد الكربون في الطبيعة و فق التفاعل التالي:



$$2\,K.Al\,.Si_3O_8 + 2\,H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2O_3\,.2\,SiO_2\,.2\,H_2O + K_2CO_3 + 4\,SiO_2$$

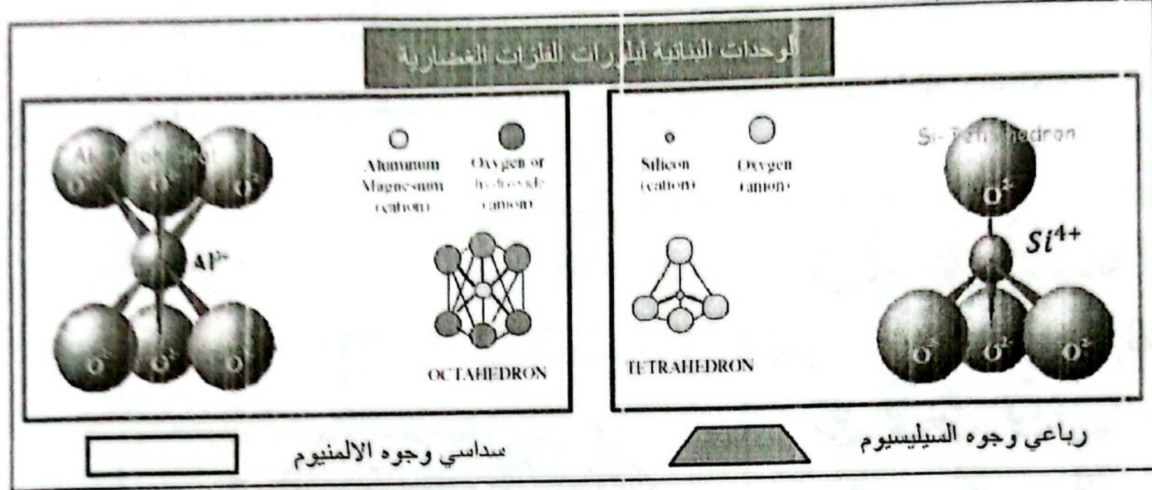
كربونات البوتاسيوم تنحل في الماء اما اكسيد السيليسيوم فيشكل الرمل او السيلكا غير المتبلورة. الناتج الاول من التفاعل يسمى الكاولينيت و هو احد انواع الغضار المنتشر في الطبيعة بكثرة.

نحصل على انواع مختلفة من الغضاريات الطبيعبة (سيليكات الالمنيوم المائية), تبعا لنوع الصخور المتفككة و الشروط التي تصادف اثناء الترسيب.

الخواص الفيزيائية و الميكانيكية للغضاريات و كيفية تصرفها عند تلامسها مع الماء لا يعتمد على تركيبها الكيميائي و المنرالوجي فقط بل على النظم الذي تتوضع فيه اكاسيد السيليسيوم و الالمنيوم في شبكة بلورات الغضار.

ذرة السيليسيوم (من اكسيد السيليسيوم) توجد داخل مجموعة مكونة من اربع ذرات اكسجين, و تشكل رباعيا منتظما و ذا ثبوتية كبيرة. اما ذرة الالمنيوم فإنها تقع داخل مجموعة مكونة من ستة ذرات

اكسجين او ماءات, مركز هذه الذرات يقع في راس سداسي الوجوه والذي يتصف بانه ذو ثبوتية اقل بكثير من ثبوتية رباعي وجوه السيليسيوم و الاكسجين. ذرة الالمنيوم يمكن استبدالها بسهولة بذرة من الحديد او المغنيزيوم.



الشكل (1) الوحدات البنائية لبلورات الفلزات الغضارية

من وجهة نظر مهندس الحفر يمكن تصنيف الغضار الى المجموعات الرئيسية التالية:

- مجموعة الكاولينيت.
- مجموعة البنتونيت.
- مجموعة الايليت.
- مجموعة الاتابولغيت.

1- مجموعة الكاولينيت:

ولها صيغة عامة: $Al_2O_3 . 2\,SiO_2 . 2\,H_2O$, تتكون هذه المجموعة من عدد كبير من المعادن منها: الهالوسيت, الديكايت, الناكريت و الاندلايت.

تستخدم في صناعة الاسمنت و السيراميك وبقية الصناعات الاخرى و لا تستخدم كمادة اولية في تحضير سائل الحفر لأنها لا تشكل محاليل غروية ثابتة في الماء.

دراسة التركيب الكيميائي تمكننا من فهم سلوك و خواص هذه المجموعة من الغضار: كيميائيا يتكون الكاولينيت من طبقة من رباعي وجوه السيليسيوم و الاكسجين تتوضع فوقها طبقة من سداسي الوجوه الالمنيوم و الاكسجين و الماءات. بعض ذرات الاكسجين تتبع بان واحد رباعي وجوه السيليسيوم و سداسي وجوه الالمنيوم, و هذا يؤدي الى ان هذا التركيب ثابت جدا.

سماكة البنية السابقة (5) أنغستروم و هذا يعطي خاصية البنية الصفائحية للغضار الكاولينيتي.

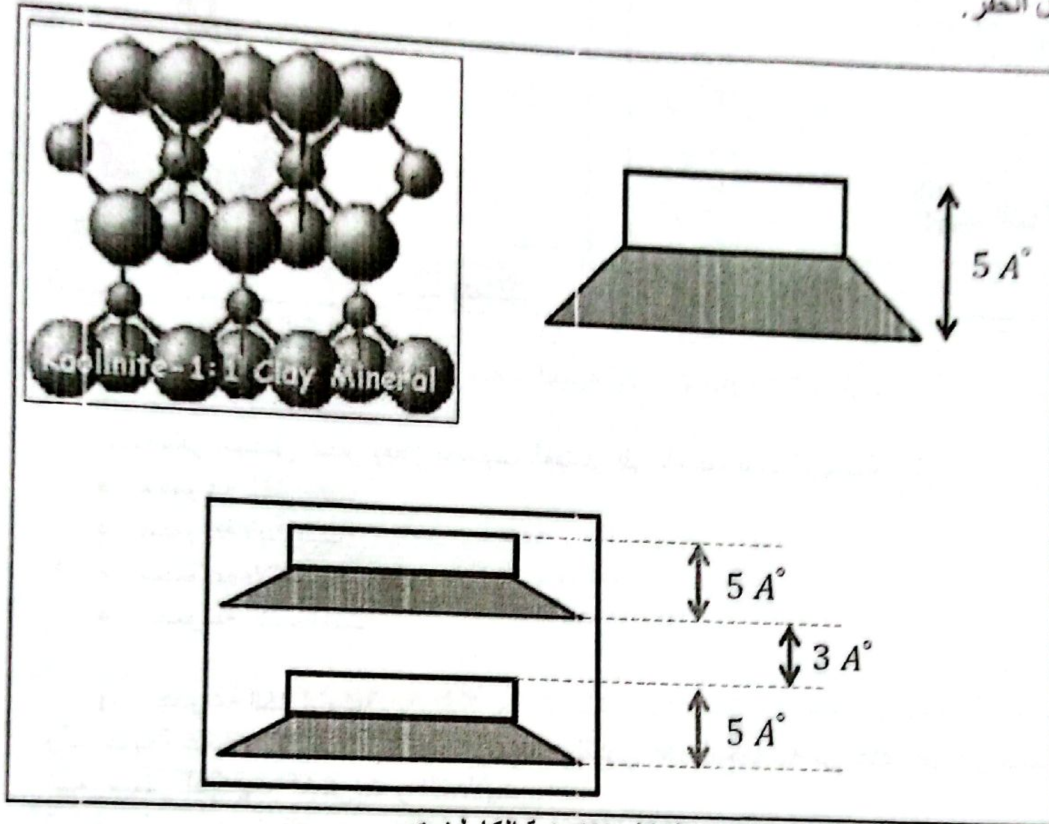
في لتجمعات الغضارية الكبيرة صفائح الكاولينيت تتوضع فوق بعضها البعض بمسافة (3) أنغستروم بين صفيحة و اخرى. قوة الترابط بين الصفائح كبيرة نتيجة ترابط ذرات الاكسجين لطبقة رباعي وجوه السيليسيوم مع ذرات الماءات لطبقة سداسي وجوه الالمنيوم.

خواص مجموعة الكاولينيت:

1. يمكن تجزئته الى صفائح.
2. الرابطة بين الصفائح قوية و بالتالي بعثرته في الماء تتم بصعوبة.
3. حلمهته ضعيفة. سعة تبادلية (3-15) ملغ مكافئ/100 غ غضار.

4. يمكن نزع الرابطة ما بين الصفائح بفعل ميكانيكي. الا ان الصفائح المتبعثرة تبقى محافظة على تكافؤ ذري غير متفكك و الذي يمكن من اعادة تجمع الصفائح او ادمصاص لذرات اخرى موجودة في المحلول.

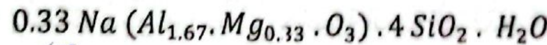
ان الغروية التي نحصل عليها من خلط هذا الغضار في الماء غير ثابتة لذلك لا تستخدم في تحضير سائل الحفر.



الشكل (2) بنية الكاولينيت.

2- مجموعة البنتونيت:

تحوي هذه المجموعة كمعدن رئيسي المونتموريلونيت و تضم في صفوفها البيدليت و المونترونيت و الهيكتوريت و السابونيت. الصيغة الكيميائية للمونتموريلونيت:

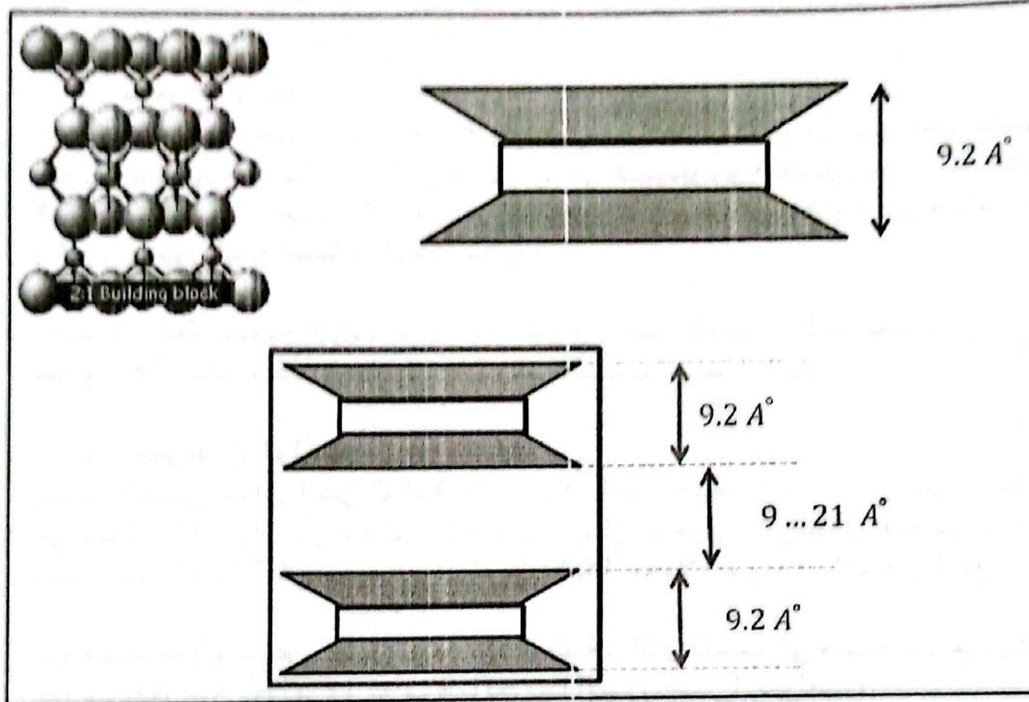


$$0.33\ Na\ (Al_{1.67}, Mg_{0.33}\ , O_3)\ .\ 4\ SiO_2\ .\ H_2O$$

مقارنة مع معدن الكاولينيت, فان بنية المونتموريلونيت و تركيبه الكيميائي و المنرالوجي يتميز بالخاصيتين التاليتين:

1. صفيحة الغضار تتكون من طبقتين من رباعي وجوه السيليسيوم و الاكسجين و فيما بينهما طبقة من سداسي وجوه الالمنيوم و الاكسجين و الماءات (سماكة الصفيحة بحدود 9.2 أنغستروم). و بما ان وجهي الصفيحة مكونان من الاكسجين, فان قوة الترابط ما بين الصفائح هي اقل بكثير من ترابط صفائح الكاولينيت و ينتج عن ذلك ان الماء يدخل بسهولة ما بين الصفائح مغيرا من المسافة بينها و التي تتراوح بين (9-21) أنغستروم.

2. اثناء ترسب الغضار فان قسما من ذرات الالمنيوم (تكافؤ ثلاثي) في سداسي وجوه الالمنيوم استبدلت بذرات ثنائية التكافؤ (مغنيزيوم) ولذلك تبقى صفائح الغضار مشحونة بشحنة سالبة ويتم معادلتها بالشوارد الموجودة في المحلول(كالسيوم – صوديوم.........). الشوارد المدمصة تشغل السطح الخارجي للصفائح و تتصف بضعف ترابطها مع البنية الاساسية بحيث يمكن طرحها في المحلول او حتى استبدالها بشوارد اخرى موجودة في هذا المحلول (خاصية تغيير القاعدة).



الشكل (3) بنية المونتموريلونيت (البنتونيت).

يتمتع المونتموريلونيت (نتيجة لبنيته و تركيبه الكيميائي و المنرالوجي) بالخصائص التالية:

1. التجاذب ما بين الصفائح هو ضعيف و ينتج عن ذلك ان حبيبات الغضار تتبعثر بسهولة في الماء.

2. المياه و المحاليل الكهرليتية تدخل بسهولة ما بين الصفائح, مسببة تباعدها و زيادة حجمها (خاصية الانتفاخ). و بالتالي فقدان الرابطة فيما بينها(التبعثر). السعة التبادلية (80 - 150) ملغ مكافئ / 100 غ غضار. هذه الخاصية تجعل من البنتونيت مادة اولية في تحضير سائل الحفر. لكن من جانب اخر تسبب اضعاف ثبوتية جدران البئر مقابل الطبقات من هذا النوع من الغضار و اضعاف نفوذية المكامن النفطية التي تحوي حبيبات غضارية من هذا النوع ضمن مساماتها.

3. درجة الحلمهة و بالتالي الانتفاخ و التبعثر لغضاريات البنتونيت تعتمد بشكل رئيسي على طبيعة الشوارد المدمصة على سطوح الصفائح (شوارد القاعدة المتغيرة). هذه الشوارد يمكن استبدالها بسهولة أي توجد امكانية لتصنيع غضاريات بالخواص المرغوبة للحصول على سائل الحفر المناسب.

4. درجة النشاط المرتفعة التي تتمتع بها سطوح صفائح الغضار البنتونيتي تمكنها من تثبيت مختلف المركبات الكيميائية وبالتالي عزل و حماية الغضار من التأثير السلبي لمختلف العوامل الخارجية.

5. تبعثر الغضار البنتونيتي بأبعاد دقيقة يؤدي الى التقليل من فاقد الرشح لسببين هما:
- التقليل من الماء الحر بتثبيت كميات كبيرة منه على سطح الحبيبات.
- التقليل من نفوذية القشرة الطينية المتوضعة على جدران البئر و ذلك من خلال دخولها ما بين الحبيبات الصلبة الحوادية الكون الرئيسي لهذه القشرة (تشكيل ملاط للكعكة).

3- مجموعة الايليت:

وتسمى بمجموعة الغضاريات قليلة الحلمهة, نذكر منها: برافزيت و الايليت. بنيتها مشابهة لبنية الغضار البنتونيتي أي تتألف من تتابع طبقات رباعي السيليسيوم و الاكسجين مع سداسي الالمنيوم و الماءات و الاكسجين. الجزيء المدمص هو البوتاسيوم الذي يؤمن تجاذبا قويا ما بين صفيحة غضارية و اخرى و تكون قابلية الصفائح للانقسام معدومة.

اذا تفكك و تبعثر صفائح الايليت يتم بصعوبة كبيرة, و عند تلامسها مع الماء تتصرف و كأنها صخر حيادي , غالبا تستخدم كمواد سدادة للمجالات التي تسبب تسرب سائل الحفر.

4- مجموعة الاتابولغيت:

يستخدم لتحضير سوائل الحفر المالحة. تلوث سائل الحفر الطبيعي (ماء + بنتونيت) بالأملاح يؤدي الى انخفاض اللزوجة و تزايد فاقد الرشح. كما لا يمكن استعمال البنتونيت في تحضير سوائل الحفر ذات الاساس المائي المالح بسبب عدم قدرته على تشكيل معلقات غروية في المحلول المالح.

نتيجة لذلك تم البحث عن غضار يؤدي هذه الوظيفة و الذي اكتشف في منطقة اتابولغوس في ولاية جورجيا الامريكية لأول مرة و عرف فيما بعد بهذا الاسم (غضار الاتابولغيت).

مردود هذا الغضار كبير في الماء المالح (المشبع او غير المشبع) يصل الى (14) متر مكعب. لا ان فاقد رشحه عالي يصل الى (145 سم مكعب خلال 30 دقيقة). فقدرته على تلبيس الجدران قليلة لذلك تتم معالجة سائل الحفر المحضر بغضار الاتابولغيت بمقللات فاقد الرشح.

يتألف هذا الغضار من بنية ليفية (ابرية) ذا السماكة (10 أنغستروم), ويتركب كيميائيا من بلورات سيليكات المغنيزيوم المائية (استبدال ذرات الالمنيوم بالمغنيزيوم). و تكون البلورات ابرية الشكل مؤلفة من سلسلة مضاعفة من ذرات الاكسجين و السيليكون الموجهة بذرات من المغنيزيوم و الكالسيوم.

خواص غضار الاتابولغيت:

1. قدرة تفكك ضعيفة.
2. درجة حلمهة متوسطة مع ميزة امتصاص الماء المالح نتيجة خاصيته الاساسية في تثبيت الماء ضمن شبكة البلورات, و لذلك يستخدم في تحضير سوائل الحفر المالحة.
3. بنية ابرية تتمتع بمقاومة ميكانيكية مرتفعة, و هذا يعطي هذا الغضار القدرة على اعطاء لزوجة ثابتة للسوائل المحضرة باستخدامه.
4. الاتابولغيت يتخلى بسهولة عن الماء الموجود في شبكته البلورية ففاقد رشح سائل الحفر المحضر به يكون مرتفع.

غضار الاتابولغيت قليل الانتشار في الطبيعة بالمقارنة مع باقي الغضاريات, له استخدامات في ازالة الشحوم و الزيوت المعدنية و النباتية عن الاقمشة الصوفية, كما يستخدم لنزع الالوان و للتصفية كوسائط تفاعل و كمواد امتزاز.

مما ذكر حتى الان نلاحظ ان مجموعة الغضار البنتونيتي هي الوحيدة المستخدمة في تحضير سوائل الحفر ذات الاساس المائي العذب. وجود هذا الغضار في الطبيعة بحالة نظيفة نادرا جدا لأنه في اغلب الاحيان يحوي كميات متغيرة من معادن مختلفة تأتي من الصخر الام التي تشكل منها الغضار, كما يحوي معادن من مجموعات غضارية اخرى.

خواص الغضار البنتونيتي عند اضافته الى الماء

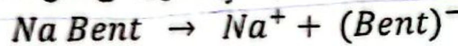
من اجل تحضير سائل الحفر و معالجته بشكل صحيح فانه من الاهمية الالمام بخواص الغضار البنتونيتي عند اضافته الى الماء. من هذه الخواص نذكر:

- خاصية التشرد و الحلمهة و تشكيل وحدات غروية معلقة.
- خاصية التبادل الشاردي (تغيير القاعدة).
- خاصية اندماج الوحدات الغروية.
- خاصية تخثر المحاليل الغروية البنتونيتية.

1- خاصية الحلمهة و التشرد و تشكيل وحدات غروية:

بينا سابقا ان الغضار البنتونيتي يحوي على سطوح شبكته البلورية بعض العناصر التي تؤمن تعادل شحنة الشبكة و ان هذه العناصر تتميز بضعف ارتباطها مع الشبكة. العناصر التي تصادف بكثرة هي: (Na, Ca, Mg, K, H, Li). و تعطي للغضار الاسم الذي يعرف به فيقال مثلا بنتونيت صودي، بنتونيت كلسي....الخ.

عند اضافة الغضار الى الماء فان الجزيئات الموجبة تتحرر و تنطلق الى الماء و نتيجة لذلك فان سطح بلورات الغضار البنتونيتي يشحن بشحنة سالبة أي تتحول الى شاردة سالبة وفق التفاعل التالي



$$Na\,Bent \rightarrow Na^{+} + (Bent)^{-}$$

تتعرض الجزيئات الموجبة التي تنحل في الماء (اضافة الى قوة التباعد الناتجة عن التشرد) الى قوة جاذبة لإعادتها الى سطح حبيبة البنتونيت, و نتيجة هاتين القوتين (التشرد و التجاذب) فان الجزيئات الموجبة تأخذ وضعية ثابتة نسبيا (متعادلة) ضمن السائل و تشكل طبقة محيطة بحبيبة البنتونيت.

تشرد حبيبات البنتونيت يسمح لجزيئات الماء القطبية بان تلتصق على سطوحها مؤمنة بذلك خاصية الحلمهة.

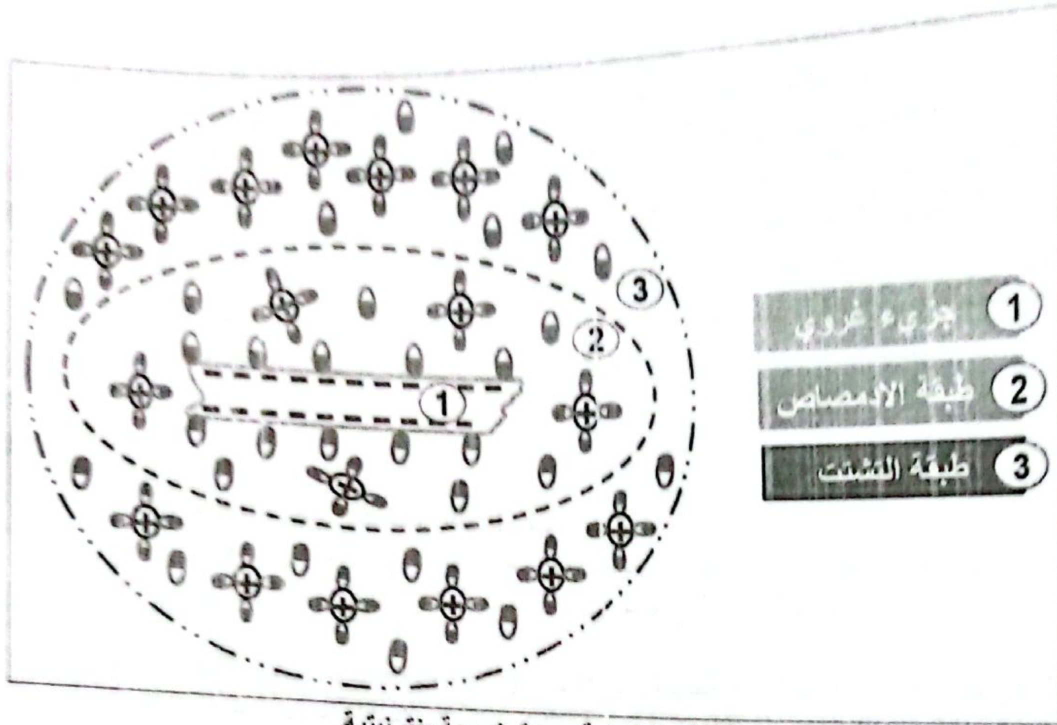
نتيجة التشرد فانه على سطوح الفصل (صلب - سائل) يتشكل طبقتان كهربائيتان احداهما سالبة (سطح الحبيبة) و الاخرى موجبة (الجزيئات الموجبة المنحلة بالماء المحيطة بالحبيبة. حبيبة الغضار السالبة و التي تسمى بالجزيء الغروي تشكل مع الشوارد المضادة و المحيطة بها و مع الماء المدمص وحدة متعادلة كهربائيا.

الابحاث بينت ان الطبقة الكهربائية الموجبة المحيطة بحبيبة الغضار السالبة تتألف من طبقتين هما:

- طبقة ادمصاص ثابتة و التي تحوي جزءا من الشوارد المعاكسة التي يدفع في المحلول.
- طبقة التشتت التي تحوي باقي الشوارد المعاكسة.

الوحدة الغروية البنتونيتية تتكون من:

- جزيء غروي (حبيبات البنتونيت السالبة).
- الجزيء الغروي مع طبقة الادمصاص يشكلان ما يسمى بالحبيبة الغروية (شحنتها سالبة لان الشوارد المضادة في طبقة الادمصاص لا تعادل كامل الشحنات السالبة للجزيء الغروي).
- الحبيبة الغروية مع طبقة التشرد (التشتت) تشكل الوحدة الغروية البنتونيتية.



الشكل (4) بنية وحدة غروية بنتونيتية.

تشكل الوحدة الغروية نتيجة التشرد و الحلمهة لحبيبات الغضار البنتونيتي يعتبر هاما من اجل تحضير سائل الحفر و تامين ثبوتية السائل الغروي (غضار + ماء). ثبوتية السوائل الغروية تعتمد بشكل كبير على حجم الوحدات الغروية المتشكلة و على درجة حلمهة الحبيبات البنتونيتية. فكلما كان حجم الوحدات الغروية اكبر و كانت درجة الحلمهة اكبر كان السائل اكثر ثبوتية, الا ان درجة الحلمهة للبنتونيت، تعتمد بشكل اساسي على طبيعة الغضار نفسه و بشكل دقيق على طبيعة الجزيئات التي تشكل الاساس المتبدل للغضار. (البنتونيت الصودي اكثر حلمهة من البنتونيت الكلسي) وهذا يفسر حقيقة ان الغضار الصودي يتمتع بمردود مرتفع جدا قياسا مع البنتونيت الكلسي كما ان ثبوتية السائل الغروي الصودي اكبر بكثير من ثبوتية السائل الغروي ذي الاساس المتغير الكلسي.

من المعايير الهامة في تقويم درجة الحلمهة لمختلف انواع الغضار:

الكمون الكهروحركي او كمون زيتا (ζ) و الذي يعرف بانه الفرق ما بين الكمون الكهربائي لطبقة الادمصاص الثابتة و كمون طبقة التشتت وهو يعطي النسبة ما بين الشوارد المعاكسة في طبقة الادمصاص و طبقة التشرد. كلما كان فرق الكمون هذا اكبر كان حجم الوحدة الغروية اكبر و بالتالي تكون درجة الحلمهة اكبر و السائل الغروي يكون اكثر ثبوتية.

اعتمادا على معيار كمون زيتا يمكن توجيه طريقة معالجة سائل الحفر. فمثلا لزيادة ثبوتية سائل الحفر تجب معالجته بمحاليل كهرليتية و التي ترفع من كمون زيتا.

من خلال استعراض خاصية الحلمهة و التشرد نخلص الى ما يلي:

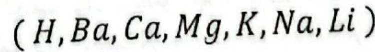
1. التشرد هو ذلك الفعل الذي يحول الحبيبات البنتونيتية من حالة التعادل الكهربائي الى حالة شحنها كهربائيا وبشحنة سالبة نتيجة تشتت الجزيئات الموجبة عن سطحها.
2. نتيجة التشرد يظهر على سطح الحبيبات البنتونيتية طبقة كهربائية مضاعفة.
3. تتشكل في السائل الغروي (ماء + بنتونيت) نتيجة خاصية التشرد قوى تباعد ما بين حبيبات الغضار ذات الشحنات الكهربائية المتشابهة و هذا ما يؤمن ثبوتية السائل الغروي, هذه القوى تتناسب عكسا و المسافة ما بين الحبيبات و طردا و كمون زيتا.
4. تامين ثبوتية السائل الغروي تتم من خلال, تامين قيمة معينة لكمون زيتا بحيث تكون قيمة قوى التباعد ما بين حبيبات البنتونيت اكبر من قوى التجاذب.

2- خاصية تغيير القاعدة (التبادل الشاردي):

مجموعة الغضار البنتونيتي تختلف فيما بينها خصوصا بقدرتها على تشكيل سوائل غروية ثابتة. و هذا الفرق ينتج عن طبيعة الجزيئات المدمصة على سطوح الشبكة البلورية.

اذا اضيفت ايونات موجبة (Cation) مختلفة عن طبيعة الايونات في محلول غروي لنوع معين من الغضار البنتونيتي فإنها يمكن ان تحل (كليا او جزئيا) مكان الايونات الموجبة في الغضار وهذا يؤدي الى تغيير ليس فقط في تركيب الغضار بل و خواصه كالتشرد و الحلمهة و قيمة كمون زيتا....الخ.

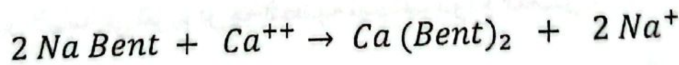
استبدال الايونات ببعضها يطلق عليه اسم تغيير القاعدة (تغيير الايونات الموجبة), اذا اخذنا في الاعتبار مجموعة الايونات الموجبة التي يمكن ان تتحد مع جذر البنتونيت:



$$(H, Ba, Ca, Mg, K, Na, Li)$$

لوحظ ان الايونات الموجبة من اليسار تحل مكان تلك التي في اليمين حتى عندما تتواجد بكميات قليلة في المحلول(الكالسيوم يحل مكان الصوديوم..... المغنيزيوم يحل مكان الصوديوم او الليثيوم).

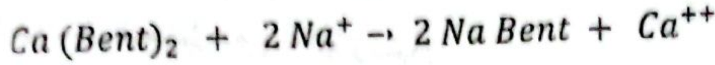
اذا اضيف ملح كلسي ذواب في الماء الى محلول غروي مكون من الماء مضاف اليه بنتونيت صودي , فان خاصية تغيير القاعدة تتم وفق التفاعل التالي:



$$2\, Na\, Bent + Ca^{++} \rightarrow Ca\,(Bent)_2 + 2\, Na^{+}$$

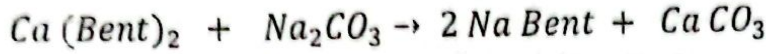
أي ان الغضار البنتونيتي الصودي ذو الخواص الممتازة يتحول الى بنتونيت كلسي بخواص غروية ضعيفة (ثبوتية ضعيفة و مردود قليل). اعتمادا على هذه الخاصية فانه تتم عمليا (عند تحضير سوائل الحفر بأساس كلسي) تقويم فعالية مخفضات اللزوجة و تحسين خواص الغضار الطبيعي (فيما يتعلق بدرجة الحلمهة) وذلك باستبدال قاعدته بأيونات موجبة تقع على يمين قاعدته ضمن التسلسل المذكور.

بالاعتماد على التاثير الكتلي ايضا, فمثلا اذا زيد تركيز شوارد الصوديوم الى حد معين في محلول غروي لبنتونيت كلسي فان تفاعل تغيير القاعدة السابقة يمكن ان يأخذ اتجاها معاكسا أي تحويل البنتونيت الكلسي سيء المواصفات الغروية الى بنتونيت ذو مواصفات غروية جيدة. وفق التفاعل التالي:



$$Ca\,(Bent)_2 \;+\; 2\,Na^{+} \rightarrow 2\,Na\,Bent \;+\; Ca^{++}$$

هذا التفاعل يستخدم في الحياة العملية و ذلك بتنشيط الغضار الطبيعي مستخدمين املاح الصوديوم المنحلة مثل كبريتات او كربونات الصوديوم, و كي يستمر التفاعل فانه يجب تثبيت شوارد الكلس في ملح غير قابل للانحلال. وهذا هو الهدف من استخدام كربونات الصوديوم لأنها ترسب شوارد الكلس بشكل كربونات كالسيوم:



$$Ca\,(Bent)_2 \;+\; Na_2CO_3 \rightarrow 2\,Na\,Bent \;+\; Ca\,CO_3$$

يمكن ايضا اللجوء الى قلوية مرتفعة للمحلول. لأنه في هذه الحالة شوارد الكالسيوم (Ca^{++}) سوف تتجه لتشكيل ماءات الكالسيوم($Ca\,(OH)_2$) ذات الانحلالية الضعيفة.

3- خاصية اندماج الوحدات الغروية البنتونيتية(Flocculation):

عند اضافة ملح قابل للانحلال في الماء الى محلول غروي بنتونيتي يلاحظ تغير سريع و كبير لخواص المحلول (لزوجة, فاقد رشح, ثبوتية....الخ). ويفسر ذلك بتغير تركيز المحاليل الكهرليتية و تأثير ذلك على الطبقة الكهربائية المضاعفة للوحدات الغروية البنتونيتية.

لوحظ انه مع ازدياد تركيز هذه المحاليل الكهرليتية, فان جزءا من الايونات المعاكسة في طبقة التشتت ينتقل الى طبقة الادمصاص وهذا يؤدي الى تناقص سماكة الوسط المتشرد (المحلل) و المحيط بالحبيبة الغضارية و يضعف كمون زيتا. وبالتالي تتناقص قوى التباعد ما بين الحبيبات الغضارية و تتحد فيما بينها وتترسب. فقدان ثبوتية السوائل الغروية بتأثير المحاليل الكهرليتية يطلق عليه اسم الاندماج الكهرليتي.

كمون زيتا يتناقص باستمرار و يمكن ان يصل الى الصفر مع تزايد تركيز الشوارد المسببة للاندماج الذي تزيد قوى الشحنات الكهربائية لهذه الشوارد (قوى تجاذب). الاندماج الذي تتعرض له السوائل الغروية (بشكل خاص سائل الحفر) لا يحتاج الى قيمة مساوية للصفر لكمون زيتا, بل يكفي قيمة معينة حرجة لهذا الكمون يطلق عليها نقطة الاندماج و التي عندها تصبح قيمة قوى التباعد اقل من قيمة قوى تجاذب الحبيبات البنتونيتية و التي تقترب من بعضها حتى التلامس.

الاندماج الكهرليتي يتبع القاعدتين الهامتين التاليتين:

- قاعدة هاردي(Hardy - 1900): والتي تقول بان الاندماج يحصل فقط بتأثير الشوارد التي لها نفس الشحنة الكهربائية للأيونات المضادة (المعاكسة) في المحلول الغروي. أي ان الاندماج في السوائل الغروية البنتونيتية تنتج فقط عن الايونات الموجبة في طبقة الادمصاص.

- قاعدة سكولتز(Schultz - 1822): وهي تقول بان شدة الاندماج تعتمد على التكافؤ الذري للشوارد المؤدية للاندماج. بازدياد التكافؤ يزداد الاندماج.

مما ذكر نلاحظ ان سوائل الحفر الطبيعية المحضرة من الماء و البنتونيت, تتمتع بمقاومة ضعيفة تجاه الاملاح المنحلة و التي تصادف بكثرة اثناء الحفر مثل ($NaCl\;,\;\; Ca\,SO_4.2\,H_2O$) وكذلك الاسمنت الذي يؤثر على السائل من خلال ماءات الكالسيوم .

4- خاصية تخثر المحاليل الغروية البنتونيتية:

عند ترك السائل الغروي البنتونيتي في حالة سكون فان حبيبات البنتونيت تتجه للاقتراب من بعضها ثم الاتحاد فيما بينها من خلال الاطراف مشكلة بنية مغلقة تحصر في داخلها الماء الحر.

نتيجة لذلك فان السائل الغروي يتحول الى مركب نصف صلب بخواص تركيبية و ميكانيكية هامة و الذي لا تنفصل فيه (بالترسيب) مكوناته بعضها عن بعض كما يحصل اثناء الاندماج.

هذه الخاصية لبعض السوائل الغروية و منها السائل ذو الاساس البنتونيتي تسمى خاصية التهلم او التخثر و التي تقيم بالمقاومة الميكانيكية التي يبديها السائل المتروك في حالة ساكنة لفترة معينة. عند خلط السائل فان بنيته المتخثرة تختفي و يعود لحالته الاولية كسائل غروي. كما هو ملاحظ فان هذه الخاصية تعني التحول باتجاهين متعاكسين أي يتحول السائل الى هلام و الهلام الى سائل.

الغضار البنتونيتي

اشتق اسمه من اول موقع تجاري للغضار في الولايات المتحدة الامريكية وهو قلعة بنتون (Benton).
تتميز مجموعة الغضار البنتونيتي بخاصية التشرد و التبعثر في الماء ثم التهلم و التبادل الشاردي.
يعتبر البنتونيت مادة اولية اساسية في تحضير سائل الحفر ذي الاساس المائي العذب. عند اضافة البنتونيت الى الماء يحقق الاهداف التالية:

1. زيادة قدرته على حمل و رفع نواتج الحفر الى السطح من خلال زيادة اللزوجة.
2. تقليل فاقد الرشح من خلال التقليل من الماء الحر.
3. رفع الوزن النوعي و التقليل من دخول السوائل الطبقية الى البئر.
4. المحافظة على نواتج الحفر عالقة به لدى التوقف عن الحركة اعتمادا على خاصية التهلم (التخثر) التي يكسبها له.
5. تلبيس جدران البئر من خلال تشكيل ملاط اسمنتي ما بين الحبيبات التي تتوضع على الجدران. و بذلك يزيد من ثبوتية الطبقات ضعيفة التماسك.

تنتشر الطبقات الغضارية في مساحات واسعة من القشرة الارضية, تعامل معها الانسان القديم في:
.. صنع الاواني الفخارية. ... صنع الاقنية لنقل المياه.

اصبح الغضار الان من المتطلبات الاساسية لكثير من الصناعات الحديثة:
الاسمنت, السيراميك, البورسلان, المنظفات و لاستخدام الواسع في الصناعة النفطية.

تصنيع الغضار البنتونيتي:
تتراوح سماكة الطبقات الغضارية البنتونيتية القابلة للاستثمار من عشرات السنتمترات الى عشرات الامتار. تمر عملية تصنيع الغضار البنتونيتي حتى يصبح مادة اولية لتحضير سائل الحفر بالمراحل التالية:

اولا: مرحلة الدراسة و الاستكشاف:
حيث يتم البحث عن الطبقات الغضارية القريبة من السطح كي تسهل عملية استثمارها. تقييم هذه الطبقات من حيث نوعية الغضار و سماكة الطبقة و امتدادها, بحفر ابار جيولوجية بمسافة لا تتجاوز ثلاثين متر بين البئر و الاخرى (يتم الحفر برؤوس تلبيب من البداية حتى النهاية). وتجرى دراسة مخبرية للعينات الاسطوانية المأخوذة من الطبقات لتحديد نوع الغضار و قابليته للاستخدام نوعية الشوائب المرافقة و تأثيرها على مردود الغضار و مدى امكانية التخلص منها او التقليل منها.
(مردود الغضار: عدد الامتار المكعبة من سائل الحفر ذي اللزوجة 15 سنتي بواز المحضرة من 1 طن غضار).

ثانيا: مرحلة الاعمال الحقلية:
تعرية و كشف الطبقة الغضارية المستهدفة باستخدام الاليات المناسبة, لإزالة الطبقات المغطية او قشرة من الغضار المتكشف على السطح و بالتالي الحصول على غضار نقي قدر الامكان.
حفر الغضار بواسطة الجرافة و نقله بواسطة لعربات الى ساحة مخصصة لنشره و تجفيفه باشعة الشمس, تتم ازالة الكتل الصوانية المتداخلة و العروق الكلسية اثناء الحفر لتقليل تلوثها للغضار.

اذا في هذه المرحلة يتم التجفيف الاولي الشمسي و التنقية اليدوية ثم تخزين و تجميع الغضار بالمستودعات الموجودة في المصنع.

ثالثا: مرحلة التصنيع الفعلي:

تتم في المصنع و هي عبارة عن عمليات طحن و تجفيف للغضار. حسب التسلسل التالي:

... مرحلة التغذية بالغضار على سير ناقل.

... مرحلة التجفيف الاولي للبنتونيت (سيليكات الالمنيوم المائية الحاوية على مياه مترابطة و ماء حر و ماء مدمص). من اجل تقليل رطوبة الغضار و تسهيل تكسيره مرورا بمسخن هوائي اسطواني الشكل حتى (105 درجة) مجهز بريش حلزونية لتقليب الغضار.

... مرحلة التكسير لتقليل حجم الكتل الغضارية و تحويلها الى حبيبات (2 حتى 3 سم مكعب), لزيادة السطح النوعي و تسهيل خروج الماء الحر بالتسخين. يتم تزويد الة التكسير بمغناطيس يركب لالتقاط القطع المعدنية.

... مرحلة التجفيف الثانوي: ترافق او تلي مرحلة التكسير لتجفيف السطوح الجديدة التي لم تتأثر بالتجفيف الاولي و تلافي تلبد الغضار بالمطحنة.

... مرحلة الطحن النهائي.

... مرحلة التجفيف النهائي و فرز الغضار: يتم تعريض مسحوق الغضار الخارج من المطحنة لتيار هواء ساخن قادم من الفرن الرئيسي للوصول برطوبة الغضار الى الحد المسموح تجاريا (8 حتى 12 بالمئة). ثم يمر على فلاتر (مناخل) ليتم فرزه حسب ابعاد الحبيبات ثم الى قسم التعبئة لتعبئة مسحوق الاسمنت بأكياس ورقية بعدة طبقات لحمايته من الرطوبة خلال التخزين.

يتميز الغضار البنتونيتي المحلي بمردوده القليل نظراً للشوائب العديدة التي يحويها. والجدول التالي يوضح التركيب الكيميائي للغضار السوري و الغضار المطابق لمواصفات معهد البترول الأمريكي.

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	H_2O	Na_2O	CO_2	TiO_2
46.6 %	14.4 %	7.2 %	6.7 %	5.8 %	12.8 %	0.13 %	6.2 %	0.16 %

التحليل الكيميائي للغضار السوري

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	H_2O	Na_2O	CO_2	TiO_2
63.33%	19.4 %	3.41 %	2.69 %	0.6 %	0.52 %	0.33 %	------	0.37 %

التحليل الكيميائي لغضار أجنبي (مثالي وفقا لمواصفات API)

بالمقارنة نلاحظ قلة العناصر الفعالة (اكسيد السيليسيوم و اكسيد الالمنيوم) بالبنتونيت السوري, وارتفاع نسبة الشوائب (اكسيد الكالسيوم و المغنيزيوم) هذه الشوائب تحول الغضار الصودي الجيد الى غضار كلسي اقل جودة. لذلك يجب معالجة الغضار السوري بمركبات الصوديوم (Na_2CO_3) لتحسين مواصفاته اعتمادا على خاصية التبادل الشاردي.

اشكال تواجد الماء في الغضار:

1. ماء حر: (H2O) ويطلق عليه تعبير الرطوبة و تتراوح نسبته ما بين (15 – 30 %). و هو يوجد في الفراغات ضمن الشبكة البلورية للغضار هذا الماء يمكن التخلص منه بالتسخين حتى (105) درجة مئوية. تعين كمية الماء المتبخرة بالفرق ما بين وزن الغضار قبل و بعد التجفيف.

2. *المياه الارتباطية:* توجد على شكل شوارد ماءات (OH). و تشكل جزء من بناء الشبكة البلورية للغضار ولا يمكن التخلص منها الا بتدميص الغضار (وهذا ما يتم اثناء استخدام الغضار في صناعة الاسمنت).
3. *المياه المدمصة:* و التي ترتبط بسطوح البلورات وقمم و حواف الهيكل البلوري, و تزداد نسبتها في البلورات الرقيقة بسبب ازدياد سطحه النوعي. شدة ارتباط هذه المياه اقل من المياه الارتباطية و لكن اكثر من ماء الرطوبة. يتم التخلص منها بالتسخين بحدود (110) درجة مئوية.